

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 100 45 093 A 1

21	Aktenzeichen:	100 45 093.8
22	Anmeldetag:	12. 9. 2000
43	Offenlegungstag:	28. 3. 2002

Int. Cl.⁷:
H 03 K 17/0814
H 02 M 1/08
H 02 M 7/00

DE 100 45 093 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

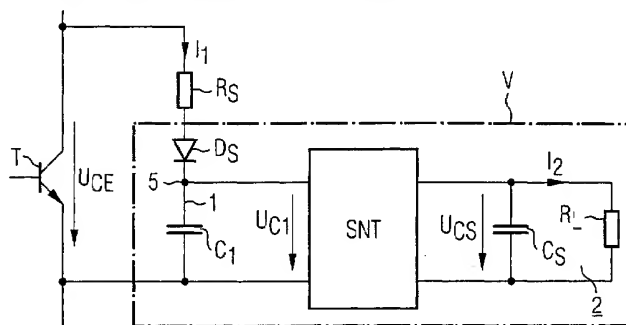
(72) Erfinder:
Weis, Benno, 91334 Hemhofen, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**
US 54 53 665

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- (54)** Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung eines Leistungshalbleiterschalters und Verfahren zur Bereitstellung der Ansteuerenergie für einen Leistungshalbleiterschalter
- (57)** Zur Verlustleistungsminimierung für die Energieversorgung einer Ansteuerschaltung für einen Leistungshalbleiterschalter T wird elektrisch parallel zu einem Kondensator C1 ein Schaltnetzteil SNT oder ein anderes schaltendes Transformationsmittel angeschlossen, das ausgangsseitig elektrisch mit einem Speisespannungskondensator C_S verbunden ist und die Eingangsenergie auf das Spannungsniveau von C_S transformiert. Damit wird erreicht, dass die Last R_L (Ansteuerschaltung) ausreichend versorgt wird und durch den Symmetrierungswiderstand R_S eines Leistungshalbleiterschalters T nur der ohnehin erforderliche Symmetrierestrom I₁ fließt.
-
- The diagram illustrates a circuit for minimizing switching losses in a power semiconductor switch. It features a power transistor T with its collector connected to a load resistor R_S. The emitter is connected to a common rail through a diode D_S and a capacitor C₁. A switch SNT is connected between the collector and the common rail. The collector-emitter voltage is labeled U_{CE}, and the collector current is I₁. The common rail is also connected to a supply voltage V and a capacitor C_S through a diode D_S. The current flowing through C_S is I₂.



DE 100 45 093 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung eines Leistungshalbleiterschalters mit einer diesem elektrisch parallel geschalteten Reihenschaltung aus einem Widerstand und einem ersten Kondensator, welcher über den Widerstand aufladbar ist, und mit einer Parallelschaltung aus einem zweiten Kondensator und einem Leistungsverbraucher.

[0002] Leistungshalbleiter bieten die Möglichkeit, rohe elektrische Energie (z. B. im kW- oder MW-Bereich) mittels einer geringen Steuerenergie von wenigen Watt zu schalten. Dabei kommt der Bereitstellung der Ansteuerenergie für Leistungshalbleiter in Anwendungen mit hoher Spannung große Bedeutung zu.

[0003] Diese Steuerenergie muss auf dem Emittier- oder Source-Potential des Leistungshalbleiters zur Verfügung gestellt werden. Nach dem bekannten Stand der Technik sind als Lösungen zur Bereitstellung dieser Energie auf dem adäquaten Potential folgende Prinzipien bekannt:

Eine kostengünstige Lösung besteht in der Übertragung durch einen Transformator. Die Wechselspannung für den Transformator wird durch ein Schaltnetzteil beispielsweise aus der Zwischenkreisspannung eines Umrichters für Stromrichterantriebe oder aus einer Hilfsspannung erzeugt. Diese herkömmliche Lösung eignet sich jedoch nur für eine Übertragung über verhältnismäßig geringe Spannungslevel, da sonst der benötigte Transformator sehr teuer wird. Oberhalb von 40 k Volt ist das Problem von Teilentladungen praktisch kaum zu beherrschen.

[0004] Eine andere bekannte Speisespannungsschaltung bedient sich der optischen Übertragung mittels einer Laserdioden und einem Energiekonverter. Diese Lösung ist sehr kostenintensiv und besitzt darüber hinaus Probleme im Hinblick auf die Lebensdauer einer solchen Speisespannungsschaltung. Auch ist die übertragbare Leistung auf einen Bereich unter 200 mW begrenzt.

[0005] Eine weitere bekannte Speisespannungsschaltung bedient sich daher des folgenden Prinzips einer Auskoppelung aus der Beschaltung des Leistungshalbleiters. Eine solche Schaltungsanordnung ist beispielsweise aus dem Konferenzbericht "Novel Gate Power Supply Circuit Using Snubber Capacitor Energy for Series-Connected GTO Valves", abgedruckt im Konferenzband EPE '97 Trondheim, Seiten 1.576 bis 1.581, bekannt.

[0006] Eine Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung eines Leistungshalbleiterschalters gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist in der Fig. 7 näher dargestellt. Diese Speisespannungsschaltung für eine Ansteuerschaltung eines Leistungshalbleiterschalters, insbesondere eines abschaltbaren Thyristors T, weist eine Schutzbeschaltung in Form einer Ausschaltentlastung auf.

[0007] Gemäß dem obengenannten Konferenzbericht bilden ein Kondensator Cb und ein Widerstand Rb eine Reihenschaltung 4 und in Verbindung mit einer im Verknüpfungspunkt 6 der Reihenschaltung 4 anodenseitig elektrisch angeschlossenen Diode Db eine Schutzbeschaltung 10 des Leistungshalbleiterschalters T. Die Diode Db ist kathodenseitig über einen im folgenden näher erläuterten Überladeschutz 11 mit einer Parallelschaltung 2 aus einem Speisespannungskondensator Cs und einem elektrischen Verbraucher – hier in Form eines Lastwiderstandes RL – elektrisch verbunden.

[0008] Am Speisespannungskondensator Cs fällt eine Speisespannung UCS ab, die der Ansteuerschaltung des Leistungshalbleiterschalters T zugeführt wird. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist diese Ansteuerschaltung nicht näher

dargestellt.

[0009] Die Schutzbeschaltung 10 hat die Aufgabe, den Spannungsanstieg auf einen vorbestimmten Wert zu begrenzen. Durch den Kondensator Cb wird der Spannungsanstieg begrenzt. Beim Einschalten des Leistungshalbleiterschalters T wird dieser Kondensator Cb über den Widerstand Rb entladen. Durch die erforderliche Schutzbeschaltung 10 müssen bei jedem Schaltvorgang Verluste im Widerstand Rb hingenommen werden. Die dabei anfallende Verlustleistung ist proportional zur Schaltfrequenz des Leistungshalbleiterschalters T.

[0010] Der dabei auftretende Strom durch die Schutzbeschaltung 10 des Leistungshalbleiters T wird jedoch über den Speisespannungskondensator Cs auf der Ansteuerbaugruppe (nicht gezeigt) geführt und lädt diesen auf.

[0011] Elektrisch parallel zum Speisespannungskondensator Cs ist ein Überladeschutz bzw. eine Spannungsbegrenzerschaltung 11 geschaltet. Bei Überladung des Speisespannungskondensators Cs wird ein Schutzthyristor TY gezündet, der den Beschaltungsstrom übernimmt. Der Thyristor ist mit einer gegenpoligen Diode D2 in einer weiteren Reihenschaltung 7 dem Speisespannungskondensator Cs elektrisch parallel geschaltet, wobei der Verknüpfungspunkt 8 dieser Reihenschaltung 7 mit dem kathodenseitigen Anschluss der Diode Db elektrisch verbunden ist. Der Steueranschluss des Thyristors TY ist über eine Zenerdiode Z mit dem kathodenseitigen Anschluss der Diode D2 elektrisch verbunden.

[0012] Diese Methode eignet sich für höchste Spannungsniveaus, da sie keine Potentialtrennung benötigt. Jedoch treten auch folgende Nachteile dieser Lösung auf:

- es muss eine Beschaltung, z. B. in Form der gezeigten Schutzbeschaltung 10, vorhanden sein.
- diese Lösung funktioniert nicht bei Impulssperre, sondern nur im Pulsbetrieb des Leistungshalbleiterschalters T, da im Fall einer Impulssperre kein Stromfluss über die entsprechende Beschaltung erfolgt und somit auch keine Aufladung des Speisespannungskondensators Cs.
- es fließen große Ströme über die Ansteuerbaugruppe, den Speisespannungskondensator Cs und den Schutzthyristor TY, wodurch eine unerwünscht hohe Verlustleistung entsteht.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Speisespannungsschaltung zu schaffen, die ohne eine Beschaltung auskommt und bei der die Verlustleistung gegenüber dem bekannten Stand der Technik entscheidend minimiert wird.

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass eine Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung eines Leistungshalbleiterschalters nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch weitergebildet wird, dass ein schaltendes Transformationsmittel zur Transformation der in dem ersten Kondensator gespeicherten Energie auf das erforderliche Spannungsniveau des zweiten Kondensators vorgesehen ist, welches eingangssseitig elektrisch mit dem ersten Kondensator verbunden ist, und das ausgangssseitig elektrisch mit der Parallelschaltung verbunden ist.

[0015] Als besonders vorteilhaft hat es sich dabei erwiesen, wenn als Transformationsmittel ein Schaltnetzteil oder ein Schaltregler vorgesehen ist.

[0016] Für einen besonders stabilen Betrieb für den Fall, dass die Einspeisung mehr Energie liefert, als in der Ansteuerschaltung verbraucht wird, wird nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung elektrisch parallel zum ersten Kon-

densator eine Spannungsbegrenzungsvorrichtung angeordnet.

[0017] Zur Vermeidung einer Entladung des Speisespannungskondensators wird nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach der Erfindung in der Reihenschaltung zusätzlich eine in Flussrichtung gepolte Diode vorgesehen, die vorzugsweise zwischen dem Widerstand und dem ersten Kondensator oder zwischen dem Knoten aus dem Widerstand mit der Spannungsbegrenzungsvorrichtung und dem ersten Kondensator angeordnet ist.

[0018] Eine besonders vorteilhafte Spannungsbegrenzungsvorrichtung verfügt über Spannungserfassungsmittel, ein Vergleichsmittel zum Vergleich einer Messspannung mit einer Referenzspannung sowie ein Schaltmittel zum Entladen des Kondensators im Falle des Übersteigens der Referenzspannung durch die Messspannung.

[0019] Dies wird erfindungsgemäß besonders einfach und kostengünstig dadurch erreicht, dass ein dem ersten Kondensator elektrisch parallelgeschalteter Spannungsteiler zur Ermittlung der Messspannung dient, womit der nichtinvertierende Eingang eines Komparators beaufschlagt wird, dessen invertierender Eingang die Referenzspannung führt, wobei der Ausgang des Komparators einen Halbleiterschalter ansteuert, welcher elektrisch in Reihe mit einem Widerstand dem ersten Kondensator elektrisch parallel geschaltet ist.

[0020] Um die Schaltfrequenz des Schaltmittels bzw. Halbleiterschalters zu begrenzen, weist das Vergleichsmittel oder der Komparator nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung eine Hysterese auf.

[0021] Als besonders einfache und effektive Realisierung der Hysterese hat es sich erwiesen, einen Teil der Ausgangsspannung des Vergleichsmittels oder Komparators auf die Referenzspannung aufzuschalten.

[0022] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Schaltungsanordnung der Erfindung lässt sich ein besonders kompakter Aufbau erreichen, indem die Spannungsversorgung des Vergleichsmittels oder des Komparators aus der Spannung des zweiten Kondensators, des Speisespannungskondensators, erfolgt.

[0023] Für eine besonders einfache Erzielung eines definierten Einschaltzustands lässt sich der Ausgang des Komparators über einen Widerstand elektrisch mit dem leistungshalbleiterseitigen Anschluss des ersten Kondensators verbinden.

[0024] Alternativ weist die Spannungsbegrenzungsvorrichtung eine Zenerdiode als Messmittel auf, die ein Schaltmittel zum Entladen des Speisespannungskondensators triggert.

[0025] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Schaltungsanordnung der Erfindung lässt sich erreichen, dass auch ein Betrieb bei Impulssperre und gleichzeitig bei stark minimierter Verlustleistung möglich wird, indem zwischen dem Leistungshalbleiterschalter und der Reihenschaltung eine Schutzbeschaltungsvorrichtung vorgesehen ist, insbesondere indem zwischen den Leistungshalbleiterschalter und die Reihenschaltung eine weitere Reihenschaltung mit einem dritten Kondensator und einem nachgeschalteten Widerstand elektrisch parallel geschaltet ist und ein die Verknüpfungspunkte der beiden Reihenschaltungen verbindenden Querzweig vorgesehen ist, der eine in Flussrichtung gepolte Diode aufweist.

[0026] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung lässt sich eine Mehrzahl von elektrisch in Reihe geschalteten Leistungshalbleiterschaltern besonders effektiv mit einer jeweils zugeordneten Schaltungsanordnung nach der Erfindung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung dieses Leistungshalbleiterschalters betreiben, wenn jeder Leistungshalbleiterschalter jeweils ei-

nen parallelgeschalteten Widerstand aufweist und die elektrische Reihenschaltung dieser Widerstände zur statischen Symmetrierung der Sperrspannungen der Leistungshalbleiterschalter dient, indem jeder Symmetrierungswiderstand zum Laden des jeweiligen ersten Kondensators der zugeordneten Schaltungsanordnung dient.

[0027] Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn das Schaltnetzteil oder der Schaltregler mit möglichst hoher Eingangsspannung betrieben wird, wodurch der Eingangsstrom und damit verbunden die Verlustleistung minimiert wird.

[0028] Die Gesamtschaltung mit einer Mehrzahl elektrisch in Reihe geschalteten Leistungshalbleiterschaltern mit je einer Schaltungsanordnung nach der Erfindung kann auch vorteilhafterweise zur Übertragung von elektrischer Energie (HGÜ) dienen.

[0029] Weitere Vorteile und Details einer möglichen Ausführungsform der Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung eines Leistungshalbleiterschalters nach der Erfindung ergeben sich anhand der folgenden Beschreibung eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels und in Verbindung mit den Figuren. Dabei sind Elemente mit gleicher Funktionalität mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Es zeigt:

[0030] Fig. 1 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung,

[0031] Fig. 2 den prinzipiellen Aufbau eines Schaltnetzteils,

[0032] Fig. 3 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit zusätzlicher Begrenzungsschaltung,

[0033] Fig. 4a eine mögliche Ausführung der Begrenzungsschaltung,

[0034] Fig. 4b eine alternative Ausführung einer Begrenzungsschaltung,

[0035] Fig. 4c eine geänderte Anordnung der Reihendiode,

[0036] Fig. 5 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit Versorgung aus der Symmetrierung und einer zusätzlichen Beschaltung,

[0037] Fig. 6 ein Brückenkreis einer Stromrichterschaltung mit einer Reihenschaltzahl 'zwei' und

[0038] Fig. 7 eine Schaltungsanordnung zur Energieauskopplung aus einem Beschaltungsnetzwerk nach dem Stand der Technik.

[0039] Nachdem die der Darstellung nach Fig. 7 zugrundeliegende Schaltungsanordnung zur Energieauskopplung aus einem Beschaltungsnetzwerk bereits eingangs als Stand der Technik gewürdigt wurde, soll im folgenden eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung gegenübergestellt werden. Eine solche ist in der Darstellung nach Fig. 2 gezeigt.

[0040] Dabei ist einem Leistungshalbleiterschalter T eine Reihenschaltung 1 aus einem Widerstand R_S und einem Kondensator C1 der Kollektor-Emitter-Strecke elektrisch parallel geschaltet. Daneben weist die Reihenschaltung 1 zusätzlich eine in Flussrichtung gepolte Diode D_S auf, die zwischen dem Widerstand R_S und dem ersten Kondensator C1 angeordnet ist. Die Diode D_S dient dazu, eine Entladung des Kondensators C1 über R_S bei eingeschaltetem Leistungshalbleiter T zu verhindern. Sie muss die Spannung des Kondensators C1 sperren können.

[0041] Der Kondensator C1 wird durch den dem Leistungshalbleiter parallelen Widerstand R_S geladen. Der Widerstand R_S ist für Anwendungen mit hoher Sperrspannung und somit Reihenschaltung von Leistungshalbleitern ohnehin zur statischen Spannungssymmetrierung erforderlich (vgl. Fig. 6). Außerdem ist eine Parallelschaltung 2 aus einem zweiten Kondensator C_S und einem Leistungsverbraucher R_L vorgesehen, die die – nicht gezeigte – Ansteuer-

schaltung für den Leistungshalbleiter T repräsentieren.

[0042] Würde die Spannung vom Kondensator C1 direkt zur Versorgung der Last R_L verwendet, so müsste der gesamte Laststrom I_2 durch R_S fließen. Da die Spannung U_{CS} über R_L nur ca. 1% der Sperrspannung U_{CE} des Bauelements beträgt, würde die Schaltung bestenfalls mit einem Wirkungsgrad von 1% arbeiten und in R_S sehr hohe Verluste verursachen. Um dies zu vermeiden, wird elektrisch parallel zu C1 ein Schaltnetzteil SNT oder ein anderes schaltendes Transformationsmittel angeschlossen, das ausgangsseitig elektrisch mit der Parallelschaltung 2 verbunden ist und die Energie auf das Spannungsniveau von C_S transformiert. Dadurch wird erreicht, dass die Last R_L ausreichend versorgt wird und durch R_S nur der ohnehin erforderliche Symmetrierstrom I_1 fließt.

[0043] In Fig. 2 ist der prinzipielle Aufbau eines Schaltnetzteils SNT gezeigt. Schaltnetzteile sind getaktete Stromversorgungen, d. h. sie "zerhacken" eine Gleichspannung. Wesentlich für die Betriebsweise des Schaltnetzteils SNT ist, dass ein Halbleiterelement, z. B. ein Transistor, ausschließlich als Schalter S arbeitet. Dadurch entstehen nur Schaltverluste und Durchlassverluste, woraus ein hoher Wirkungsgrad einer getakteten Stromversorgung im Vergleich zu anderen Verfahren resultiert.

[0044] Eine gleichgerichtete Eingangsspannung U_{C1} wird durch den Schalter S zerhackt, woraus eine Wechselspannung U_z von Rechteck-, Trapez- oder gelegentlich auch Sinusform resultiert. Eine Regelung über den Schalter S, in der Regel ein diskreter MOSFET-Transistor, erfolgt über eine Steuerlogik ST entweder durch eine Veränderung des Tastverhältnisses T bei konstanter Frequenz der Wechselspannung U_z , oder durch Änderung der Frequenz bei festem oder variablem Tastverhältnis T.

[0045] Die so zerhackte Spannung U_z kann in jede beliebige andere Spannung transformiert werden, indem die Leistung über einen Übertrager U übertragen wird und die Spannung über einen darauffolgenden Gleichrichter G gleichgerichtet wird. Daraus resultiert die gewünschte gewandelte Gleichspannung, hier U_{CS} . Der Übertrager U dient zudem einer gewünschten Netztrennung. Der Regelkreis wird geschlossen, indem diese gleichgerichtete Ausgangsspannung U_{CS} einem Regelverstärker RV zugeleitet wird, welcher ausgangsseitig zur Potentialtrennung beispielsweise mit einem Optokoppler P verbunden ist, über den die Steuerlogik ST angesteuert wird. In der Darstellung nach Fig. 2 sind die jeweils ausgangsseitig resultierenden Spannungsverläufe der beschriebenen Komponenten des Schaltnetzteils SNT in Form eines Diagrams der Spannung U über die Zeit t veranschaulicht. Wird ein Schaltnetzteil nicht am Netz, sondern an einer Gleichstromquelle angeschlossen, so spricht man auch von einem "Schaltregler". Auch ein einfacher Tiefsetzsteller kommt in Betracht.

[0046] Solche Schaltnetzteile oder Schaltregler zeichnen sich unter anderem durch einen sehr hohen Wirkungsgrad von bis zu 90%, eine gute Regeldynamik und Spannungs-konstanz sowie geringes Volumen und Gewicht aus.

[0047] Das Schaltnetzteil SNT ist zweckmäßigerweise mit möglichst hoher Eingangsspannung U_{C1} zu betreiben, um bei gegebener Leistung in R_L mit minimalem Eingangsstrom I_1 arbeiten zu können. Da im Schaltnetzteil SNT – wie erwähnt – üblicherweise ein diskreter MOSFET-Transistor eingesetzt wird, ist diese Eingangsspannung auf ein Niveau von etwa 1500 V begrenzt. Ist die Sperrspannung des Leistungshalbleiters T1 unter diesem Niveau, so kann das Schaltnetzteil auch in einer Reihenschaltung direkt parallel zu dem Leistungshalbleiter T aus Fig. 1 angeschlossen werden.

[0048] Der Widerstand R_S ist vorteilhafterweise so zu di-

mensionieren, dass gilt:

$$(U_{CE} - U_{C1})/R_S \cdot U_{C1} \cdot q > U_{CS} \cdot I_2 \quad (1)$$

[0049] Dabei bezeichnet q den Wirkungsgrad des Schaltnetzteils.

[0050] Andernfalls ist die Last größer als die Einspeisung und diese kann die Last somit nicht versorgen. Liefert die Einspeisung mehr Energie, als in der Last verbraucht wird, so wird die Kondensatorspannung U_{C1} ansteigen. Dies ist bei korrekter Dimensionierung praktisch immer der Fall, da sowohl Last als auch eingespeiste Energie sich mit den Betriebsbedingungen verändern und die obige Ungleichung (1) zu jedem Zeitpunkt erfüllt sein muss.

[0051] Aus diesem Grund ist eine Begrenzungsschaltung B für C1 nach der Darstellung gemäß Fig. 3 vorteilhaft. Diese wird parallel zu dem Kondensator C1 angeschlossen.

[0052] Eine prinzipielle Ausführungsform der Begrenzungsschaltung ist in Fig. 4a dargestellt. Über eine Spannungserfassungseinrichtung aus einem Spannungsteiler 3 mit den Widerständen R3, R4 wird die Spannung an C1 gemessen. Diese Messspannung U_m wird mit einer Referenzspannung U_{ref} verglichen. Die Messspannung U_m wird dem nichtinvertierenden Eingang + eines Komparators K beaufschlagt, dessen invertierender Eingang – die Referenzspannung U_{ref} führt, wobei der Ausgang des Komparators K einen Halbleiterschalter Tx ansteuert. Letzterer ist elektrisch in Reihe mit einem Widerstand R2 dem Kondensator C1 elektrisch parallel geschaltet.

[0053] Übersteigt die Messspannung U_m den Wert der Referenzspannung U_{ref} , so wird der Schalter Tx, z. B. ein Transistor, eingeschaltet und C1 über den weiteren mit dem Schalter Tx elektrisch in Reihe geschalteten Widerstand R2 entladen. Sinkt die Spannung an C1 dadurch ab, so wird der Transistor Tx wieder abgeschaltet.

[0054] Zweckmäßigerweise ist der Komparator K mit einer Hysterese versehen, um die Schaltfrequenz von Tx zu begrenzen. Dies kann z. B. durch eine Aufschaltung eines Teiles der Ausgangsspannung des Komparators auf die Referenzspannung U_{ref} geschehen.

[0055] Die Spannungsversorgung des Komparators K erfolgt vorteilhafterweise aus dem Speisespannungskondensator C_S . Da beim Anlauf der Schaltung C1 und somit auch C_S noch ungeladen sind, besitzt in diesem Fall auch der Komparator K noch keine Versorgungsspannung. Durch einen weiteren Widerstand R5, welcher zwischen den Ausgang des Komparators K und den Emitter des Transistors Tx geschaltet ist, wird in diesem Betriebszustand der Transistor Tx sicher ausgeschaltet. Dadurch wird eine Aufladung des Kondensators C1 möglich.

[0056] Die Darstellung nach Fig. 4b zeigt eine einfachere Alternative zur Spannungsbegrenzung. Eine Begrenzung der Spannung des Speisespannungskondensators C1 erfolgt hier durch Triggern des Schaltmittels Tx über eine Zenerdiode Dx1, welche mit einer weiteren Zenerdiode Dx2, die beide in Sperrrichtung in Reihe geschaltet sind, einen Spannungsteiler 3' bildet, der dem Speisespannungskondensator C1 parallel geschaltet ist.

[0057] Der Verknüpfungspunkt dieses Spannungsteilers 3' ist mit dem Steueranschluss des Schaltmittels Tx elektrisch leitend verbunden. Der Zenerdiode Dx1 ist außerdem in Reihe ein Widerstand Rx1 vorgeschaltet, der den Strom durch Dx1 begrenzt. Die Zenerdiode Dx2 begrenzt die Spannung am Steuereingang des Schaltmittels Tx, sofern dieses ein feldgesteuertes Bauelement (z. B. ein MOSFET oder ein IGBT) ist. Ein der Zenerdiode Dx2 elektrisch parallel geschalteter Widerstand Rx2 verhindert ein parasitäres positives Aufladen des Steueranschlusses bzw. Gates von

Tx.

[0058] Ist das Schaltmittel Tx ein Bipolartransistor, so kann die Zenerdiode Dx2 entfallen. Der Widerstand Rx2 führt dann Leckströme von Dx1 ab.

[0059] Die Fig. 4c zeigt nun eine weitere vorteilhafte Variante der Einbeziehung der Spannungsbegrenzungsschaltung B. Durch eine gegenüber der Schaltung nach Fig. 1 geänderten Anordnung der Reihendiode Ds lässt sich eine geringere Schaltfrequenz des Schaltmittels Tx erzielen. Dazu wird das Schaltmittel Tx sowie der Widerstand R2 nicht nur dem Speisespannungskondensator C1, sondern auch der Reihendiode Ds elektrisch parallel geschaltet. Diese Variante ist vorteilhaft, weil während des Einschaltens des Schaltmittels Tx der Speisespannungskondensator C1 nicht über den Widerstand R2 entladen wird.

[0060] In der Darstellung nach Fig. 5 ist eine Schaltungsvariante gezeigt, die dann eingesetzt werden kann, wenn das beschriebene erfindungsgemäße Prinzip verwendet werden soll, obwohl eine zusätzliche Ausschaltentlastung 10 der eingangs anhand des Standes der Technik nach Fig. 7 geschilderten Art vorhanden ist.

[0061] Zwischen den Leistungshalbleiterschalter T und die Reihenschaltung 1 ist dann eine weitere Reihenschaltung 4 mit einem weiteren Kondensator Cb und einem nachgeschalteten Widerstand Rb elektrisch parallel geschaltet. Die Verknüpfungspunkte 5 und 6 der beiden Reihenschaltungen 1 und 4 sind durch einen Querzweig 9 aus einer in Flussrichtung gepolten Diode Db verbunden.

[0062] Die Energie aus der Beschaltung 10 wird dann zusätzlich zur Energie aus der Symmetrierung R_S für die Versorgung mitgenutzt. Dadurch wird der Nachteil des Standes der Technik vermieden, dass die Schaltung nur im Pulsbetrieb arbeitet. Mit der in Fig. 5 gezeigten Schaltungsvariante kann dann auch ein Betrieb bei Impulssperre (z. B. beim Anlauf eines Stromrichterantriebes) erreicht werden.

[0063] Zur Veranschaulichung der Einbindung der vorangehend beschriebenen erfindungsgemäßen Schaltungsanordnungen in einem Umrichter und des in diesem Zusammenhang auftretenden bereits erwähnten Problems der Symmetrierung dient die Darstellung nach Fig. 6.

[0064] Um höhere Zwischenkreisspannungen U_{ZK} zu realisieren, werden mehrere Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 elektrisch in Reihe geschaltet. In Fig. 6 ist ein Brücken-zweig einer mehrphasigen Stromrichterschaltung dargestellt. Bei diesem Brücken-zweig ist jeder Leistungsschalter durch zwei in Reihe geschaltete Leistungshalbleiterschalter T1, T2 und T3, T4 realisiert. Da hier pro Leistungsschalter nur zwei Leistungshalbleiterschalter verwendet werden, liegt eine Reihenschaltzahl von 'Zwei' für den Stromrichter vor.

[0065] Jeder Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 weist eine Freilaufdiode DF1 bis DF4 und einen Widerstand R_{S1} bis R_{S4} auf, dem eine erfindungsgemäße Speisespannungsschaltung nachgeschaltet ist, welche zur Versorgung einer jeweiligen dem Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 zugeordneten Ansteuerschaltung A1 bis A4 dient.

[0066] Die Höhe der eingangsseitigen Zwischenkreisspannung U_{ZK} wird von der Sperrfähigkeit eines Leistungshalbleiterschalters T1 bis T4 begrenzt. An jedem Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 fällt eine jeweilige Spannung U_{CE1} bis U_{CE4} ab.

[0067] Im Taktbetrieb des Stromrichters beträgt die jeweilige Spannung U_{CE1} bis U_{CE4} über jedem Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 aufgrund der Reihenschaltzahl von 'zwei' die Hälfte der Zwischenkreisspannung U_{ZK} . In diesem Fall kann die Zwischenkreisspannung U_{ZK} auf die doppelte Betriebsspannung eines Leistungshalbleiterschalters T1 bis T4 ausgelegt werden.

[0068] Die Widerstände R_{S1} bis R_{S4} dienen der statischen Symmetrierung der Sperrspannungen U_{CE1} bis U_{CE4} über jeden Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4. Wenn diese alle sperren, z. B. beim Hochlauf der Zwischenkreisspannung U_{ZK} , liegt der Lastabgriff L auf einem Potential von $U_{ZK}/2$. Im Dauer-Aus-Betrieb beträgt die Betriebsspannung über jedem Leistungsschalter T1 bis T4 bei einer Reihenschaltzahl von 'zwei' gleich $U_{ZK}/4$.

[0069] Mit der erfindungsgemäßen Schaltungsvorrichtung kann nun die Energie zur Aufladung des Speisespannungskondensators C_S aus dem jeweiligen Symmetrierungswiderstand R_{S1} bis R_{S4} gewonnen werden, ohne dass eine gesonderte Beschaltung des Leistungshalbleiterschalters T1 bis T4 erforderlich ist.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) mit einer diesem (T) elektrisch parallel geschalteten Reihenschaltung (1) aus einem Widerstand (R_S) und einem ersten Kondensator (C1), welcher über den Widerstand (R_S) aufladbar ist, und mit einer Parallelschaltung (2) aus einem zweiten Kondensator (C_S) und einem Leistungsverbraucher (R_L), **dadurch gekennzeichnet**, dass ein schaltendes Transformationsmittel (SNT) zur Transformation der in dem ersten Kondensator (C1) gespeicherten Energie auf das erforderliche Spannungsniveau des zweiten Kondensators (C_S) vorgesehen ist, welches eingangsseitig elektrisch mit dem ersten Kondensator (C1) verbunden ist, und das ausgangsseitig elektrisch mit der Parallelschaltung (2) verbunden ist.
2. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Transformationsmittel ein Schaltnetzteil (SNT) oder ein Schaltregler vorgesehen ist.
3. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass elektrisch parallel zum ersten Kondensator (C1) eine Spannungsbegrenzungsvorrichtung (B) angeordnet ist.
4. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihenschaltung (1) zusätzlich eine in Flussrichtung gepolte Diode (D_S) aufweist, die vorzugsweise zwischen dem Widerstand (R_S) und dem ersten Kondensator (C1) oder zwischen dem Knoten aus dem Widerstand (R_S) mit der Spannungsbegrenzungsvorrichtung (B) und dem ersten Kondensator (C1) angeordnet ist.
5. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsbegrenzungsvorrichtung (B) über Spannungserfassungsmittel (R_3 , R_4), ein Vergleichsmittel zum Vergleich einer Messspannung (U_m) mit einer Referenzspannung (U_{ref}) sowie ein Schaltmittel (Tx) zum Entladen des Kondensators (C1) im Falle des Übersteigens der Referenzspannung (U_{ref}) durch die Messspannung (U_m) verfügt.
6. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein dem ersten Kondensator (C1) elektrisch

parallelgeschalteter Spannungsteiler (3, R3, R4) zur Ermittlung der Messspannung (U_m) dient, womit der nichtinvertierende Eingang (+) eines Komparators (K) beaufschlagt wird, dessen invertierender Eingang (-) die Referenzspannung führt, wobei der Ausgang des Komparators einen Halbleiterschalter (Tx) ansteuert, welcher (Tx) elektrisch in Reihe mit einem Widerstand (R2) dem ersten Kondensator (C1) elektrisch parallel geschaltet ist.

7. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Vergleichsmittel oder der Komparator (K) zur Begrenzung der Schaltfrequenz des Schaltmittels bzw. Halbleiterschalters (Tx) eine Hysterese aufweisen.

8. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung der Hysterese ein Teil der Ausgangsspannung des Vergleichsmittels oder Komparators (K) auf die Referenzspannung (U_{ref}) aufgeschaltet ist.

9. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsversorgung des Vergleichsmittels oder des Komparators (K) aus der Spannung des zweiten Kondensators (C_2) erfolgt.

10. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung eines definierten Einschaltzustands der Ausgang des Komparators (K) über einen Widerstand (R5) elektrisch mit dem leistungshalbleiterseitigen Anschluss des ersten Kondensators (C1) verbunden ist.

11. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsbegrenzungsvorrichtung (B) über eine Zenerdiode (D_{x1}) als Messmittel verfügt, die ein Schaltmittel (Tx) zum Entladen des Kondensators (C1) triggert.

12. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Leistungshalbleiterschalter (T) und der Reihenschaltung (1) eine Schutzbeschaltungsvorrichtung (10, Cb, Rb, Db) vorgesehen ist, so dass auch im beschalteten Betrieb ein Betrieb bei Impulssperre möglich ist.

13. Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) eines Leistungshalbleiterschalters (T) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Leistungshalbleiterschalter (T) und die Reihenschaltung (1) eine weitere Reihenschaltung (4) mit einem dritten Kondensator (Cb) und einem nachgeschalteten Widerstand (Rb) elektrisch parallel geschaltet ist und ein die Verknüpfungspunkte (5, 6) der beiden Reihenschaltungen (1, 4) verbindenden Querzweig (9) vorgesehen ist, der eine in Flussrichtung gepolte Diode (Db) aufweist.

14. Mehrzahl von elektrisch in Reihe geschalteten Leistungshalbleiterschaltern (T1, T2, T3, T4) mit einer jeweils zugeordneten Schaltungsanordnung (V1, V2, V3, V4) zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A1, A2, A3, A4) dieses Leistungshalbleiterschalters

nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jeder Leistungshalbleiterschalter (T1, T2, T3, T4) jeweils einen parallelgeschalteten Widerstand (R_{S1} , R_{S2} , R_{S3} , R_{S4}) aufweist und wobei die elektrische Reihenschaltung dieser Widerstände (R_{S1} , R_{S2} , R_{S3} , R_{S4}) zur statischen Symmetrierung der Sperrspannungen der Leistungshalbleiterschalter dient, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Symmetrierungswiderstand (R_{S1} , R_{S2} , R_{S3} , R_{S4}) zum Laden des jeweiligen ersten Kondensators (C1) der zugeordneten Schaltungsanordnung (V1, V2, V3, V4) dient.

15. Verfahren zur Bereitstellung der Ansteuerenergie für einen Leistungshalbleiterschalter (T) mit einer Schaltungsanordnung zur Energieversorgung für eine Ansteuerschaltung (A) des Leistungshalbleiterschalters (T) nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltnetzteil (SNT) oder der Schaltregler mit möglichst hoher Eingangsspannung (U_{C1}) betrieben wird.

16. Verwendung einer Mehrzahl von elektrisch in Reihe geschalteten Leistungshalbleiterschaltern (T1, T2, T3, T4) mit einer jeweils zugeordneten Schaltungsanordnung (V1, V2, V3, V4) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 14 zur Übertragung elektrischer Energie.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

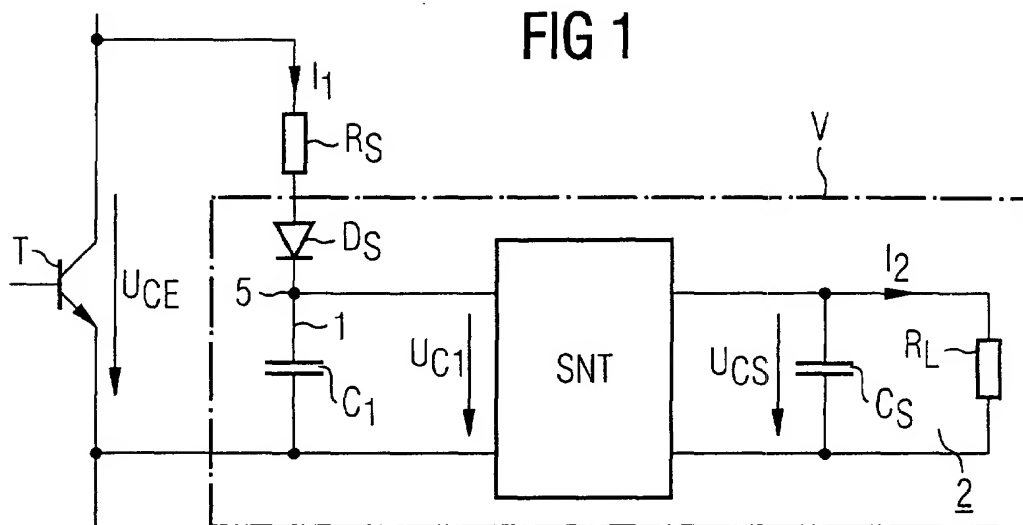


FIG 2

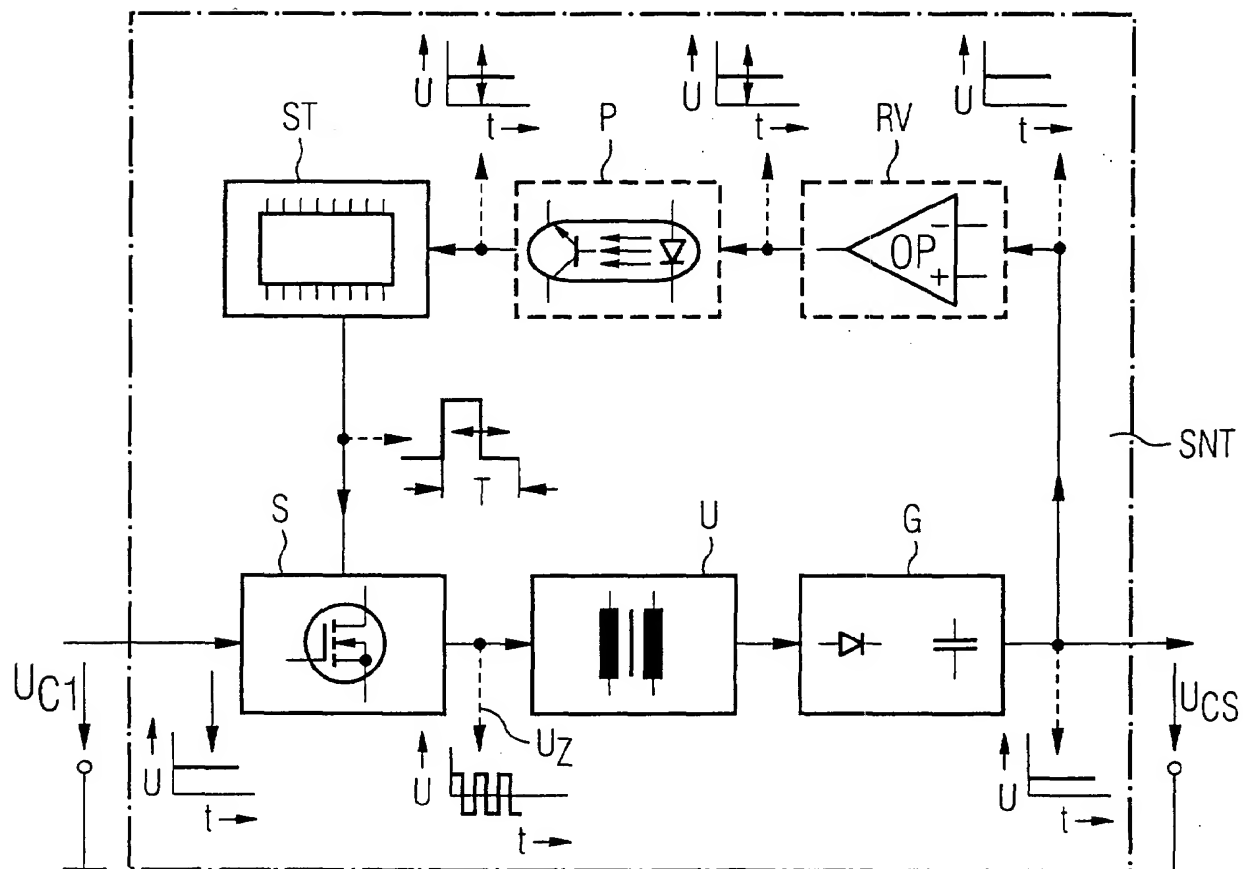


FIG 3

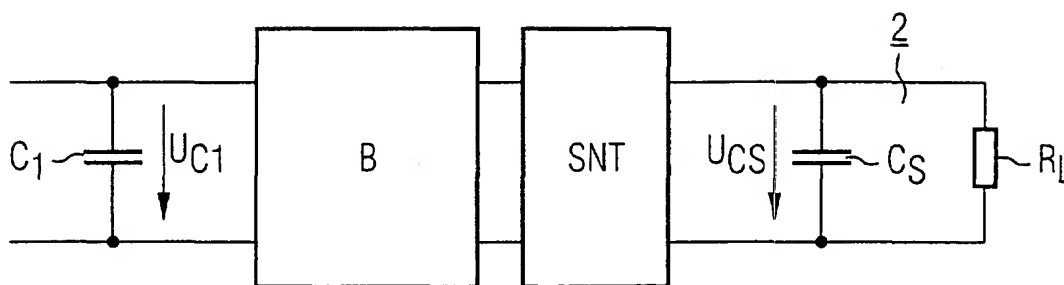


FIG 4a

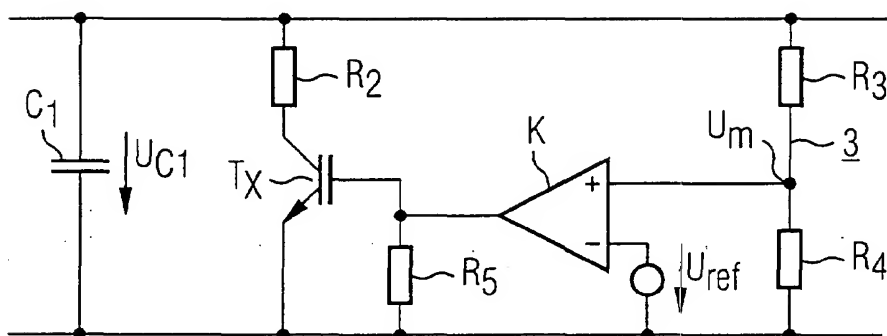


FIG 4b

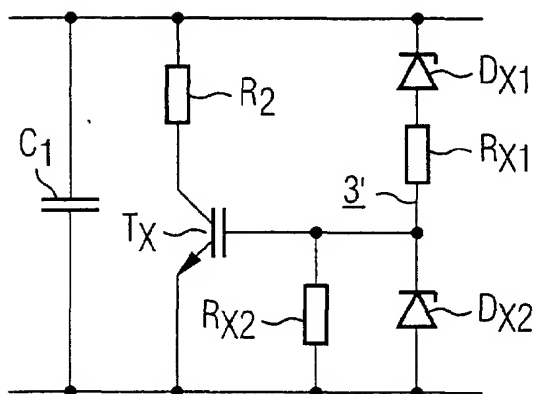
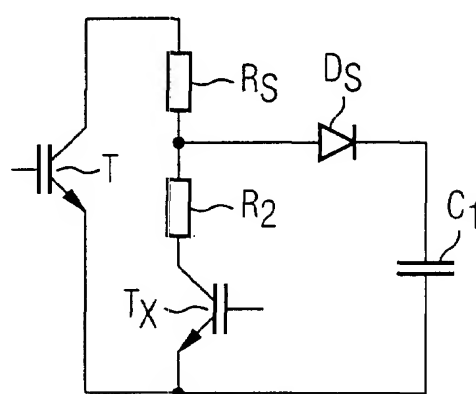


FIG 4c



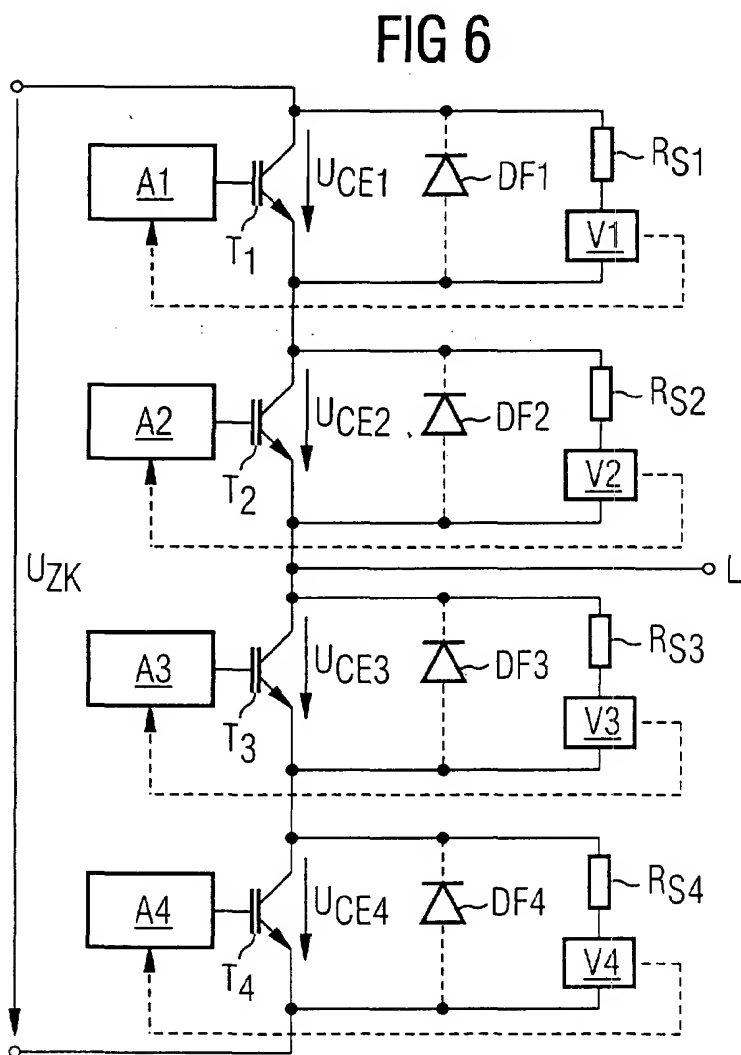
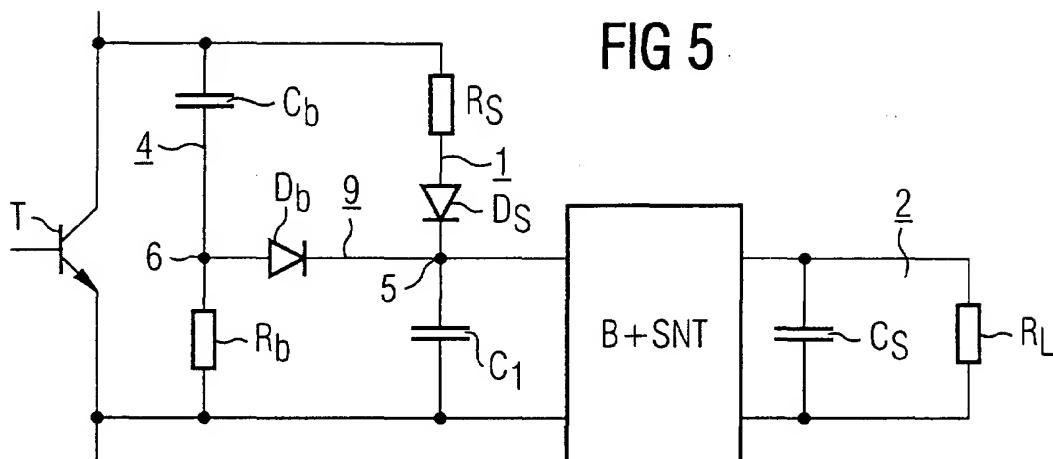


FIG 7

